

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-177226

(43)Date of publication of application : 27.06.2003

(51)Int.Cl. G02B 5/18
G02B 13/00
G11B 7/125
G11B 7/135

(21)Application number : 2002-269110

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 13.09.2002

(72)Inventor : SHIONO TERUHIRO
WADA HIDEHIKO
NISHINO SEIJI

(30)Priority

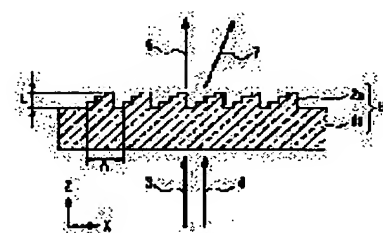
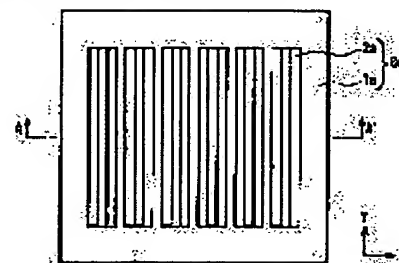
Priority number : 2001309587 Priority date : 05.10.2001 Priority country : JP

(54) DIFFRACTION OPTICAL ELEMENT AND OPTICAL HEAD USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a diffraction optical element in which the diffracted light substantially in the zero-order exits when light at the wavelength of $0.35\ \mu\text{m}$ to $0.45\ \mu\text{m}$ enters and the diffracted light substantially in the first order exits when light at the wavelength of $0.6\ \mu\text{m}$ to $0.7\ \mu\text{m}$ enters.

SOLUTION: The diffraction optical element has a substrate 1a and a grating 2a formed on the substrate 1a. The cross section of the grating 2a shows a stepwise pattern having one of substantially 4, 5 or 6 levels of the height. When light 3 at a first wavelength λ_1 satisfying $0.35\ \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\ \mu\text{m}$ enters the optical element, the diffracted light 6 substantially in the zero-order exits, and when light 4 at a second wavelength λ_2 satisfying $0.6\ \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\ \mu\text{m}$ enters, the diffracted light 7 substantially in the first order exits.



3

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-177226

(P2003-177226A)

(43) 公開日 平成15年6月27日 (2003.6.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)	
G 0 2 B	5/18	G 0 2 B	5/18	2 H 0 4 9
	13/00		13/00	2 H 0 8 7
G 1 1 B	7/125	G 1 1 B	7/125	B 5 D 1 1 9
	7/135		7/135	A
				Z
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 15 頁)				

(21) 出願番号 特願2002-269110(P2002-269110)

(22) 出願日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(31) 優先権主張番号 特願2001-309587(P2001-309587)

(32) 優先日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 塩野 照弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 和田 秀彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(74) 代理人 110000040

特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ

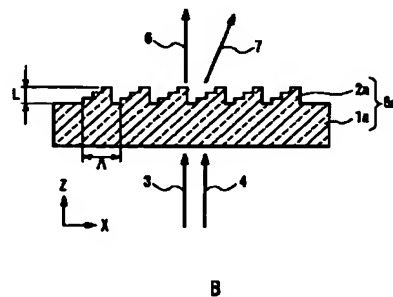
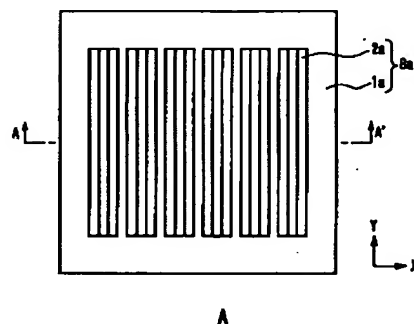
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回折光学素子及びそれを用いた光学ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 $0.35\mu\text{m} \sim 0.45\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合に実質的に0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合に実質的に1次の回折光を出射する回折光学素子を提供する。

【解決手段】 基板1aと、基板1a上に形成されたグレーティング部2aとを備えた回折光学素子である。グレーティング部2aの断面は、実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状であり、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合に実質上0次の回折光6を出射し、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合に実質上1次の回折光7を出射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、前記基板上に形成されたグレーティング部とを備えた回折光学素子であって、前記グレーティング部の断面は、実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状であり、

$0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光が入射した場合に実質上0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光が入射した場合に実質上1次の回折光を出射することを特徴とする回折光学素子。

【請求項2】 $0.75\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.85\mu\text{m}$ を満たす第3の波長 λ_3 の光が入射した場合には実質上0次の回折光を出射する請求項1に記載の回折光学素子。

【請求項3】 グレーティング部の階段形状のレベル数を p (p は4、5、6のうちのいずれかのレベル)、前記グレーティング部の屈折率を n としたとき、前記グレーティング部の溝の深さが、実質的に $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ で表記される請求項1に記載の回折光学素子。

【請求項4】 グレーティング部の屈折率が2以上である請求項1に記載の回折光学素子。

【請求項5】 グレーティング部の材料が、酸化タンタル、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ及びガリウムリンからなる群から選ばれる1つあるいはそれを主成分とするものである請求項4に記載の回折光学素子。

【請求項6】 グレーティング部の材料が、酸化タンタル、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ及びガリウムリンからなる群から選ばれる1つを主成分とするものであり、副成分として、チタン、ニオブ、タンタル及びリチウムからなる群から選ばれる少なくとも1つを含む請求項4に記載の回折光学素子。

【請求項7】 グレーティング部の階段形状のレベル数を p (p は4、5、6のうちのいずれかのレベル)、前記グレーティング部の屈折率を n としたとき、前記グレーティング部は、 $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ よりも厚くなるように基板上に薄膜を堆積し、前記薄膜を加工して形成したものであり、前記グレーティング部の溝の深さが、実質的に $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ で表記される請求項1に記載の回折光学素子。

【請求項8】 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報

記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記光源と前記対物レンズとの間の前記両波長の光の共通光路中に配置された請求項1に記載の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、

前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記対物レンズによって前記第1の情報記録媒体に集光され、

前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は前記対物レンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項9】 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記対物レンズと前記情報記録媒体との間の前記両波長の光の共通光路中に配置された請求項1に記載の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、

前記対物レンズから出射された前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記第1の情報記録媒体に集光され、

前記対物レンズから出射された前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項10】 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する第1及び第2のレンズからなる対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記第1のレンズと前記第2のレンズとの間の光路中に配置された請求項1に記載の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、

前記第1のレンズから出射された前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記第2のレンズによって前記第1の情報記録媒体

10

20

30

40

50

に集光され、

前記第1のレンズから出射された前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は前記第2のレンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項11】 前記回折光学素子は、第2の波長 λ_2 の光に対して前記対物レンズが有する球面収差と、前記対物レンズからの前記第2の波長 λ_2 の光に対応する出射光が前記第2の情報記録媒体の前記第2の透明保護層を透過する際に生じる球面収差との和を補正する請求項8～10のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項12】 前記対物レンズから前記第1の情報記録媒体までのワーキングディスタンスよりも、前記対物レンズから前記第2の情報記録媒体までのワーキングディスタンスの方が小さい請求項8～10のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項13】 前記対物レンズから前記第1の情報記録媒体までのワーキングディスタンスよりも、前記対物レンズから前記第2の情報記録媒体までのワーキングディスタンスの方が大きい請求項8～10のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項14】 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の情報記録媒体もしくは第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記光源と前記対物レンズとの間の前記両波長の光の共通光路中に配置された請求項1に記載の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記対物レンズによって前記第1の情報記録媒体に集光され、前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は、前記第1の波長 λ_1 の光と実質的に光軸を同じにされた後、前記対物レンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする光学ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回折光学素子及びそれを用いた光学ヘッドに関する。特に、本発明は、 $0.35\mu\text{m} \sim 0.45\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合には実質上0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合には実質上1次の回折光を出射する回折光学素子及びそれを用いた光学ヘッドに

関する。

【0002】

【従来の技術】 赤色波長の光が入射した場合に実質上0次の回折光（透過光）を出射し、それよりも長波長である赤外波長の光が入射した場合に実質上1次の回折光を出射する、断面が4レベルの階段形状を有する回折光学素子が、特許文献1に開示されている。また、当該特許文献1には、その回折光学素子を用いた光学ヘッドも同じく開示されている。

【0003】

【特許文献1】 特許第3047351号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、紫色波長と赤色波長の両波長の光に対して、特許第3047351号公報に開示されている技術を適用しても、短波長である紫色波長の光が入射した場合に実質上0次の回折光（透過光）を出射し、それよりも長波長である赤色波長の光が入射した場合に実質上1次の回折光を出射する回折光学素子を実現することはできない。

【0005】 本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、 $0.35\mu\text{m} \sim 0.45\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合に実質的に0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合に実質的に1次の回折光を出射する回折光学素子及びそれを用いた光学ヘッドを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するため、本発明に係る回折光学素子の構成は、基板と、前記基板上に形成されたグレーティング部とを備えた回折光学素子であって、前記グレーティング部の断面は、実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状であり、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光が入射した場合に実質上0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光が入射した場合に実質上1次の回折光を出射することを特徴とする。

【0007】 この回折光学素子の構成によれば、短波長である紫色波長の光が入射した場合に実質上0次の回折光（透過光）を出射し、それよりも長波長である赤色波長の光が入射した場合に実質上1次の回折光を出射する回折光学素子を実現することができる。

【0008】 また、前記本発明の回折光学素子の構成においては、 $0.75\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.85\mu\text{m}$ を満たす第3の波長 λ_3 の光が入射した場合には実質上0次の回折光を出射するのが好ましい。

【0009】 また、前記本発明の回折光学素子の構成においては、グレーティング部の階段形状のレベル数を p （ p は4、5、6のうちのいずれかのレベル）、前記グレーティング部の屈折率を n としたとき、前記グレーテ

ィング部の溝の深さが、実質的に $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ で表記されるのが好ましい。この好ましい例によれば、第1の波長 λ_1 の光の透過効率をほぼ最大に向上させることができる。

【0010】また、前記本発明の回折光学素子の構成においては、グレーティング部の屈折率が2以上であるのが好ましい。この好ましい例によれば、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)を向上させることができる。また、この場合には、グレーティング部の材料が、酸化タンタル、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ及びガリウムリンからなる群から選ばれる1つあるいはそれを主成分とするものであるのが好ましい。また、この場合には、グレーティング部の材料が、酸化タンタル、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ及びガリウムリンからなる群から選ばれる1つを主成分とするものであり、副成分として、チタン、ニオブ、タンタル及びリチウムからなる群から選ばれる少なくとも1つを含むのが好ましい。

【0011】また、前記本発明の回折光学素子の構成においては、グレーティング部の階段形状のレベル数を p (p は4、5、6のうちのいずれかのレベル)、前記グレーティング部の屈折率を n としたとき、前記グレーティング部は、 $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ よりも厚くなるように基板上に薄膜を堆積し、前記薄膜を加工して形成したものであり、前記グレーティング部の溝の深さが、実質的に $2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ で表記されるのが好ましい。この好ましい例によれば、基板とグレーティング部を同じ材料にする必要はないので、設計の自由度が高くなる。また、エッチングする際の薄膜のエッチングレートを一定にして、グレーティング部の溝の深さの精度を向上させることができる。

【0012】また、本発明に係る光学ヘッドの第1の構成は、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記光源と前記対物レンズとの間の前記両波長の光の共通光路中に配置された前記本発明の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記対物レンズによって前記第1の情報記録媒体に集光され、前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次

の回折光は前記対物レンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする。

【0013】また、本発明に係る光学ヘッドの第2の構成は、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記対物レンズと前記情報記録媒体との間の前記両波長の光の共通光路中に配置された前記本発明の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、前記対物レンズから出射された前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記第1の情報記録媒体に集光され、前記対物レンズから出射された前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする。

【0014】また、本発明に係る光学ヘッドの第3の構成は、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体もしくは前記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する第1及び第2のレンズからなる対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記第1のレンズと前記第2のレンズとの間の光路中に配置された前記本発明の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、前記第1のレンズから出射された前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記第2のレンズによって前記第1の情報記録媒体に集光され、前記第1のレンズから出射された前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は前記第2のレンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする。

【0015】また、前記本発明の光学ヘッドの第1～第3の構成においては、前記回折光学素子は、第2の波長 λ_2 の光に対して前記対物レンズが有する球面収差と、前記対物レンズからの前記第2の波長 λ_2 の光に対応する出射光が前記第2の情報記録媒体の前記第2の透明保

護層を透過する際に生じる球面収差との和を補正するのが好ましい。この好ましい例によれば、第2の波長 λ_2 の光を第2の情報記録媒体に良好に集光させることができる。

【0016】また、前記本発明の光学ヘッドの第1～第3の構成においては、前記対物レンズから前記第1の情報記録媒体までのワーキングディスタンスよりも、前記対物レンズから前記第2の情報記録媒体までのワーキングディスタンスの方が小さいのが好ましい。

【0017】また、前記本発明の光学ヘッドの第1～第3の構成においては、前記対物レンズから前記第1の情報記録媒体までのワーキングディスタンスよりも、前記対物レンズから前記第2の情報記録媒体までのワーキングディスタンスの方が大きいのが好ましい。

【0018】また、本発明に係る光学ヘッドの第4の構成は、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光を出射する第1の光源と、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光を出射する第2の光源と、第1の情報記録媒体もしくは第2の情報記録媒体に、前記第1の波長 λ_1 の光と前記第2の波長 λ_2 の光をそれぞれ集光する対物レンズと、前記第1及び第2の情報記録媒体からの光を検出する光検出器と、前記光源と前記対物レンズとの間の前記両波長の光の共通路路中に配置された前記本発明の回折光学素子とを具備する光学ヘッドであって、前記第1の波長 λ_1 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上0次の回折光を出射し、当該0次の回折光は前記対物レンズによって前記第1の情報記録媒体に集光され、前記第2の波長 λ_2 の光が前記回折光学素子に入射した場合には、前記回折光学素子は実質上1次の回折光を出射し、当該1次の回折光は、前記第1の波長 λ_1 の光と実質的に光軸を同じにされた後、前記対物レンズによって前記第2の情報記録媒体に集光されることを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0020】[第1の実施の形態] まず、本発明の第1の実施の形態における回折光学素子について、図1を用い、座標軸を図のようにとって、詳細に説明する。図1Aは本発明の第1の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図1Bは図1AのA-A'断面図である。

【0021】図1に示すように、本実施の形態の回折光学素子8aは、基板1aと、基板1a上に形成されたグレーティング部2aとを具備している。ここで、グレーティング部2aは、その断面が実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状(図1は4レベルの場合を示している)である。そして、回折光学素子8aは、その裏面(グレーティング部2aが形成された面と反対側の面)から $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.$

$45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合には、実質上0次の回折光6(0次の回折光とは透過光のことである)を出射する。また、回折光学素子8aは、その裏面から $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合には、実質上1次の回折光7を出射する。従って、本実施の形態の回折光学素子8aは、第1の波長 λ_1 の光3に対しては単なる透過素子として機能し、第2の波長 λ_2 の光4に対しては光偏向素子として機能する。

10 【0022】尚、本実施の形態において、1次回折光とは、図1のグレーティング部2aの溝の向きに対して図1の7で示した方向に出射する回折光のことである。すなわち、本実施の形態においては、グレーティング部2aの階段形状を鋸歯形状(ブレード形状)で近似したときに屈折光がほぼ生じる方向に出射する回折光を、『1次回折光』と呼んでいる。ちなみに、Z軸に関して1次回折光と対称な方向に出射する回折光は、『-1次回折光』と呼ばれる。尚、この定義は他の実施の形態にも適用されるものである。

20 【0023】第1の波長 λ_1 、グレーティング部2aの階段形状のレベル数p(pは4、5、6のうちのいずれかのレベル)、グレーティング部2aの屈折率nを用いて、グレーティング部2aの溝の深さLを、実質的に、 $L = 2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ に設定することにより、第1の波長 λ_1 の光3の透過効率をほぼ最大に向上させることができる。例えば、4レベル(p=4)、 $\lambda_1 = 0.405\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.658\mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$ の場合、グレーティング部2aの溝の深さLの望ましい値は $4.86\mu\text{m}$ となる。

30 【0024】第1の波長 λ_1 の光3の透過効率は、グレーティング部2aの周期 Λ が小さくなると低下するが、グレーティング部2aの周期 Λ が第1の波長 λ_1 の20倍以上のとき、当該透過効率は概ね70～95%程度であった。また、第2の波長 λ_2 の光4の1次回折効率は、グレーティング部2aの周期 Λ が第2の波長 λ_2 の20倍以上のとき、概ね65～75%程度となった。グレーティング部2aの周期 Λ は、第2の波長 λ_2 の光4に対応する1次の回折光7の回折角に応じて決めればよい。

40 【0025】また、5レベル(p=5)の回折光学素子8aに関しては、例えば、 $\lambda_1 = 0.405\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.658\mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$ の場合、グレーティング部2aの溝の深さLの望ましい値は $6.48\mu\text{m}$ となる。このとき、第1の波長 λ_1 の光3の透過効率は、グレーティング部2aの溝の深さLが大きい分、4レベル(p=4)の回折光学素子8aに比べて、数%～5%程度低下した。この場合の、第2の波長 λ_2 の光4の1次回折効率も、4レベルの回折光学素子8aに比べて、数%～5%程度低下した。

50 【0026】さらに、6レベル(p=6)の回折光学素

子8aに関しては、例えば、 $\lambda_1 = 0.405 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.658 \mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$ の場合、グレーティング部2aの溝の深さLの望ましい値は $8.1 \mu\text{m}$ となる。このとき、第1の波長 λ_1 の光3の透過効率、グレーティング部2aの溝の深さLがさらに大きい分、5レベル($p = 5$)の回折光学素子8aに比べて、数%~5%程度低下し、第2の波長 λ_2 の光4の1次回折効率は、50~60%程度と4レベル($p = 4$)や5レベル($p = 5$)の場合よりも低下した。

【0027】本実施の形態の回折光学素子8aにおいては、基板1aとしてガラス基板が用いられており、フォトリソグラフィとイオンエッチングを、レベル数pに応じて繰り返すことにより(4レベル($p = 4$)では2回、5レベル($p = 5$)と6レベル($p = 6$)では3回)、基板(ガラス基板)1aにグレーティング部2aが彫り込んで形成されている。基板1aとグレーティング部2aは、同じ材料を用いて一体形成されており、回折光学素子8aは安定な構造となっている。また、グレーティング部2aの上には、ARコートが施されており、これにより回折光学素子8aの表面での反射損が低減されている。

【0028】尚、本実施の形態においては、第1の波長 λ_1 の光3及び第2の波長 λ_2 の光4が回折光学素子8aの裏面から入射するようにされているが、回折光学素子8aの表面から入射するようにしてもよい。

【0029】また、次の第2の実施の形態において詳細に説明するが、本実施の形態における回折光学素子8aにおいても、グレーティング部2aの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)を向上させることができる。

【0030】[第2の実施の形態]次に、本発明の第2の実施の形態における回折光学素子について、図2~図4を用いて詳細に説明する。

【0031】図2Aは本発明の第2の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図2Bは図2AのB-B'断面図である。

【0032】図2に示すように、本実施の形態の回折光学素子8bは、基板1bと、基板1b上に形成されたグレーティング部2bとを具備している。ここで、グレーティング部2bは、その断面が実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状(図2は4レベルの場合を示している)である。そして、回折光学素子8bは、その裏面(グレーティング部2bが形成された面と反対側の面)から $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45 \mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合に、実質上0次の回折光6を出射する。また、回折光学素子8bは、その裏面から $0.6 \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7 \mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合に、実質上1次の回折光7を出射する。本実施の形態の回折光学素子8bは、基板1bとグレーティング部2bとが異

なる材料で構成されている点で、上記第1の実施の形態の回折光学素子8aと異なる。

【0033】本実施の形態の回折光学素子8bにおいては、基板1bとして、例えば、ガラス基板や樹脂基板が用いられており、基板1bに薄膜を厚さTだけ堆積し、フォトリソグラフィとイオンエッチングをレベル数pに応じて繰り返すことにより(4レベル($p = 4$)では2回、5レベル($p = 5$)と6レベル($p = 6$)では3回)、薄膜を最大Lだけ彫り込んで、グレーティング部2bが形成されている。この場合、基板1bとグレーティング部2bを同じ材料にする必要はないので、設計の自由度が高くなる。

【0034】また、薄膜の厚さTをグレーティング部2bの溝の深さLよりも大きくすることにより、エッチングする際の薄膜のエッチングレートを一定にして、グレーティング部2bの溝の深さLの精度を向上させることができた。これは、基板1bの表面近くに堆積された薄膜は界面の影響で密度が異なっているが、薄膜の厚さTを増していくと密度が一定になるためであると考えられる。

【0035】本実施の形態においても、上記第1の実施の形態と同様に、第1の波長 λ_1 、グレーティング部2bの階段形状のレベル数p(pは4、5、6のうちのいずれかのレベル)、グレーティング部2bの屈折率nを用いて、グレーティング部2bの溝の深さLを、実質的に、 $L = 2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ に設定することにより、第1の波長 λ_1 の光3の透過効率をほぼ最大に向上させることができる。本発明者らは、グレーティング部2bの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)を向上させることができることを見出した。

【0036】図3に、本発明の第2の実施の形態の回折光学素子(4レベルの場合)における、第1の波長 λ_1 の光に対する規格化周期 Λ/λ_1 と0次回折効率との関係を示す。また、図4に、本発明の第2の実施の形態の回折光学素子(4レベルの場合)における、第2の波長 λ_2 の光に対する規格化周期 Λ/λ_2 と1次回折効率との関係を示す。図3と図4には、グレーティング部2bの屈折率nが1.5、2.0、2.2、2.5の4種類の場合について回折効率を示したが、グレーティング部2bの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)が向上することが分かる。また、図3、図4から、グレーティング部2bの屈折率nが大きい程、効率の向上が大きい傾向にあることも分かる。本実施の形態の回折光学素子8bにおいては、屈折率nが2以上のグレーティング部2bの材料として、酸化タンタルが用いられている。

【0037】また、 $L = 2\lambda_1(p-1)/(n-1)$ の関係から分かるように、グレーティング部2bの屈折率nが大きくなると、グレーティング部2bの溝の深さ

Lの望ましい値が小さくなるため、作製プロセスの容易化（エッチング時間の短縮、精度の向上等）を図ることができる。

【0038】尚、本実施の形態の回折光学素子8bにおいては、グレーティング部2bの材料として、酸化タンタルが用いられているが、酸化タンタル以外に、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ又はガリウムリンを用いることもできる。また、グレーティング部2bの材料としては、酸化タンタル、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、酸化チタン、酸化ニオブ及びガリウムリンからなる群から選ばれる1つを主成分とするものを用いることもできる。この場合、副成分として、チタン、ニオブ、タンタル及びリチウムからなる群から選ばれる少なくとも1つを含むようにするのが望ましい。

【0039】また、屈折率nが2以上になると、グレーティング部2bにおけるフレネル反射が大きくなるが、本実施の形態の回折光学素子8bにおいては、グレーティング部2b上に、ARコートを施すことにより、回折光学素子8bの表面での反射損が低減されている（図3、図4は、ARコートを施した場合の効率を示している）。

【0040】また、ガラスや樹脂のような例えばn=1.5の場合であっても、効率は多少落ちるが、図2のような回折光学素子8bを構成することは可能である。

【0041】また、本実施の形態においては、第1の波長λ1の光3及び第2の波長λ2の光4が回折光学素子8bの裏面から入射するようにされているが、回折光学素子8bの表面から入射するようにしてもよい。

【0042】[第3の実施の形態] 次に、本発明の第3の実施の形態における回折光学素子について、図5を用いて詳細に説明する。図5Aは本発明の第3の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図5Bは図5AのC-C'断面図である。

【0043】図5に示すように、本実施の形態の回折光学素子8cは、基板1cと、基板1c上に形成されたグレーティング部2cとを具備している。ここで、グレーティング部2cは、その断面が実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状（図5は5レベルの場合を示している）である。そして、回折光学素子8cは、その裏面（グレーティング部2cが形成された面と反対側の面）から $0.35\mu\text{m} \leq \lambda 1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長λ1の光3が入射した場合に、実質上0次の回折光6を出射する。また、回折光学素子8cは、その裏面から $0.6\mu\text{m} \leq \lambda 2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長λ2の光4が入射した場合に、実質上1次の回折光7を出射する。また、回折光学素子8cは、その裏面から $0.75\mu\text{m} \leq \lambda 3 \leq 0.85\mu\text{m}$ を満たす第3の波長λ3の光5が入射した場合に、実質上0次の回折光19を出射する。以上のように、本実施

の形態の回折光学素子8cは、3波長対応であり、第1の波長λ1の光3と第3の波長λ3の光5に対しては単なる透過素子として機能し、第2の波長λ2の光4に対しては光偏向素子として機能する。

【0044】本実施の形態においても、上記第1及び第2の実施の形態と同様に、第1の波長λ1、グレーティング部2cの階段形状のレベル数p（pは4、5、6のうちのいずれかのレベル）、グレーティング部2cの屈折率nを用いて、グレーティング部2cの溝の深さLを、実質的に、 $L = 2\lambda 1(p-1)/(n-1)$ に設定することにより、第1の波長λ1の光3の透過効率をほぼ最大に向上させることができる。例えば、5レベル（p=5）、λ1=0.405μm、n=1.5の場合、グレーティング部2cの溝の深さLの望ましい値は6.48μmとなる。

【0045】レベル数pが5のとき、第1の波長λ1の光3の透過効率は、グレーティング部2cの周期Λが小さくなると低下するが、グレーティング部2cの周期Λが第1の波長λ1の20倍以上のとき、当該透過効率は概ね68～93%程度であった。また、第2の波長λ2の光4の1次回折効率は、グレーティング部2cの周期Λが第2の波長λ2の20倍以上のとき、概ね63～73%程度となった。さらに、第3の波長λ3の光5の0次回折効率は、グレーティング部2cの周期Λが第3の波長λ3の20倍以上のとき、概ね68～93%程度となった。

【0046】尚、レベル数pが4の場合に最も光の利用効率が良いのは、上記第1の実施の形態の回折光学素子8aの場合と同様である。また、グレーティング部2cの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率（0次回折効率や1次回折効率）が向上することも上記第2の実施の形態の回折光学素子8bの場合と同様である。

【0047】また、本実施の形態においては、第1の波長λ1の光3、第2の波長λ2の光4及び第3の波長λ3の光5が回折光学素子8cの裏面から入射するようにされているが、回折光学素子8cの表面から入射するようにしてもよい。

【0048】[第4の実施の形態] 次に、本発明の第4の実施の形態の回折光学素子について、図6を用いて、上記第2の実施の形態の回折光学素子8bと異なる点を中心に説明する。図6Aは本発明の第4の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図6Bは図6AのD-D'断面図である。

【0049】図6に示すように、本実施の形態の回折光学素子8dは、基板1dと、基板1d上に形成されたグレーティング部2dとを具備している。ここで、グレーティング部2dは、その断面が実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状（図6は4レベルの場合を示している）である。そして、回折光学素子8dは、その表面（グレーティング部2dが形成

された面)から $0.35\mu\text{m}\leq\lambda_1\leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合に、実質上0次の回折光6を出射する。また、回折光学素子8dは、その表面から $0.6\mu\text{m}\leq\lambda_2\leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合に、実質上1次の回折光7を出射する。

【0050】グレーティング部2dの周期を外周に行くに従って小さくすることにより、第2の波長 λ_2 の光4に対しては、回折光学素子8dを凸型のレンズとして機能させることができる。従って、本実施の形態の回折光学素子8dは、第1の波長 λ_1 の光3に対しては単なる透過素子として機能し、第2の波長 λ_2 の光4に対しては凸型の回折型マイクロレンズとして機能する。

【0051】尚、レベル数pが4の場合に最も光の利用効率が良いのは、上記第1の実施の形態の回折光学素子8aの場合と同様である。また、グレーティング部2dの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)が向上することも上記第2の実施の形態の回折光学素子8bの場合と同様である。

【0052】また、本実施の形態においても、上記第3の実施の形態と同様に、第1の波長 λ_1 の光3と第2の波長 λ_2 の光4に加えて、 $0.75\mu\text{m}\leq\lambda_3\leq 0.85\mu\text{m}$ を満たす第3の波長 λ_3 の光に対しては実質上0次の回折光を出射するようにして、3波長対応にすることも可能である。

【0053】また、本実施の形態においては、第1の波長 λ_1 の光3及び第2の波長 λ_2 の光4が回折光学素子8dの表面から入射するようにされているが、回折光学素子8dの裏面から入射するようにしてもよい。

【0054】[第5の実施の形態]次に、本発明の第5の実施の形態の回折光学素子について、図7を用いて、上記第4の実施の形態の回折光学素子8dと異なる点を中心に説明する。図7Aは本発明の第5の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図7Bは図7AのE-E'断面図である。

【0055】図7に示すように、本実施の形態の回折光学素子8eは、基板1eと、基板1e上に形成されたグレーティング部2eとを具備している。ここで、グレーティング部2eは、その断面が実質的に4レベル、5レベル又は6レベルのうちのいずれかの階段形状(図7は4レベルの場合を示している)である。そして、回折光学素子8eは、その表面(グレーティング部2eが形成された面)から $0.35\mu\text{m}\leq\lambda_1\leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合に、実質上0次の回折光6を出射する。また、回折光学素子8eは、その表面から $0.6\mu\text{m}\leq\lambda_2\leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合に、実質上1次の回折光7を出射する。

【0056】本実施の形態の回折光学素子8eにおいては、グレーティング部2eの溝の構造が、上記第4の実

施の形態の回折光学素子8dと逆向きになっている。従って、本実施の形態の回折光学素子8eは、第1の波長 λ_1 の光3に対しては単なる透過素子として機能し、第2の波長 λ_2 の光4に対しては凹型の回折型マイクロレンズとして機能する。

【0057】尚、レベル数pが4の場合に最も光の利用効率が良いのは、上記第1の実施の形態の回折光学素子8aの場合と同様である。また、グレーティング部2eの屈折率nを2以上とすることにより、光利用効率(0次回折効率や1次回折効率)が向上することも上記第2の実施の形態の回折光学素子8bの場合と同様である。

【0058】また、本実施の形態においても、上記第3の実施の形態と同様に、第1の波長 λ_1 の光3と第2の波長 λ_2 の光4に加えて、 $0.75\mu\text{m}\leq\lambda_3\leq 0.85\mu\text{m}$ を満たす第3の波長 λ_3 の光に対しては実質上0次の回折光を出射するようにして、3波長対応にすることも可能である。

【0059】また、本実施の形態においては、第1の波長 λ_1 の光3及び第2の波長 λ_2 の光4が回折光学素子8eの表面から入射するようにされているが、回折光学素子8eの裏面から入射するようにしてもよい。

【0060】[第6の実施の形態]次に、本発明の第6の実施の形態の光学ヘッドについて、図8を用いて説明する。図8は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0061】本実施の形態の光学ヘッドは、 $0.35\mu\text{m}\leq\lambda_1\leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3を出射する第1の光源9aと、 $0.6\mu\text{m}\leq\lambda_2\leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4を出射する第2の光源9bと、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体(光ディスク)17aもしくは上記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体(光ディスク)17bに、第1の波長 λ_1 の光13(平行光)と第2の波長 λ_2 の光14(平行光)をそれぞれ集光する対物レンズ16と、第1及び第2の情報記録媒体17a、17bからの光を検出する光検出器20a~20dと、第1の波長 λ_1 の光13(平行光)と第2の波長 λ_2 の光14(平行光)の共通光路に配置された、上記第5の実施の形態の回折光学素子8eとを具備している。

【0062】回折光学素子8eは、その表面(グレーティング部2eが形成された面)から $0.35\mu\text{m}\leq\lambda_1\leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光13(平行光)が入射した場合に、実質上0次の回折光6を出射する。そして、この0次の回折光6は、対物レンズ16によって第1の情報記録媒体17aに集光される。また、回折光学素子8eは、その表面から $0.6\mu\text{m}\leq\lambda_2\leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光14(平行光)が入射した場合に、実質上1次の回折光7を出射する。そして、この1次の回折光7は、対物レンズ16

10

20

30

40

50

によって第2の情報記録媒体17bに集光される。

【0063】回折光学素子8eは、第2の波長 λ_2 の光14（平行光）に対して対物レンズ16が有する球面収差と、対物レンズ16からの第2の波長 λ_2 の光14（平行光）に対応する出射光が第2の情報記録媒体17bの上記第2の透明保護層を透過する際に生じる球面収差との和を補正するように設計されている。このような設計により、第2の波長 λ_2 の光14（平行光）を第2の情報記録媒体17bに良好に集光させることができる。

【0064】尚、図8に示すように、回折光学素子8eは、その基板1eが対物レンズ16に面するように配置されているが、グレーティング部2eが対物レンズ16に面するように配置してもよい。このことは、後述する第7の実施の形態及び第9の実施の形態についても言えることである。

【0065】さらに、回折光学素子8eは、対物レンズ16と情報記録媒体17との間に配置してもよい。そして、この場合には、基板1e上にグレーティング部2eを形成する代わりに、対物レンズ16上に直接グレーティング部2eを設けてもよい。このように対物レンズ16上に直接グレーティング部2eを設けることにより、構造の安定化を図ることができる。回折光学素子8eをこのような配置とした場合には、対物レンズ16から出射し回折光学素子8eに入射する光が第1の波長 λ_1 の光である場合には、回折光学素子8eは、実質上0次の回折光6を出射する。また、対物レンズ16から出射し回折光学素子8eに入射する光が第2の波長 λ_2 の光である場合には、回折光学素子8eは、実質上1次の回折光7を出射する。そして、回折光学素子8eから出射された0次の回折光6は第1の情報記録媒体17aに集光され、回折光学素子8eから出射された1次の回折光7は第2の情報記録媒体17bに集光される。

【0066】本実施の形態の光学ヘッドにおいては、光源（9a、9b）と光検出器とを集積したユニットが2つ（10aと10b）用いられている。そして、ビームスプリッタ18を用いて、第1の波長 λ_1 の光3と第2の波長 λ_2 の光4の光軸が一致するようにされている。光軸が一致した両波長の光3、4は、コリメータレンズ15によって平行光13、14となった後、回折光学素子によって構成されたフォーカス／トラック誤差信号検出素子11（往路は0次回折光利用、復路は1次回折光利用）を通過し、立ち上げミラー12によって光軸が90°折り曲げられて回折光学素子8eに入射する。

【0067】第1の波長 λ_1 は、例えば、0.405 μ mであり、第2の波長 λ_2 は、例えば、0.658 μ mである。対物レンズ16の開口数は、第1の波長 λ_1 に対しては、例えば、0.85であり、第2の波長 λ_2 に対しては、例えば、0.6である。高密度光ディスクである第1の情報記録媒体17aにおける第1の透明保護

層の厚みは、例えば、0.1mm（第1の情報記録媒体17aのトータルの厚みは1.2mm）であり、DVDである第2の情報記録媒体17bにおける第2の透明保護層の厚みは、例えば、0.6mm（第2の情報記録媒体17bのトータルの厚みは1.2mm）である。

【0068】本実施の形態の光学ヘッドにおいては、対物レンズ16から第1の情報記録媒体17aまでのワーキングディスタンスWD1よりも、対物レンズ16から第2の情報記録媒体17bまでのワーキングディスタンスWD2の方が小さい。第2の波長 λ_2 の光4に対して、回折光学素子8eは凹レンズとして機能し、第2の波長 λ_2 の光4は、凹レンズ（回折光学素子8e）と対物レンズ16を順次透過して、第2の情報記録媒体17bに集光する。このため、WD1>WD2とすることにより、凹レンズのフォーカルパワーは少なく済む（凹レンズの開口数NAは小）。従って、回折光学素子8eのグレーティング部2eの周期 Λ が大きくなるため、図3と図4に示したように、光利用効率が大きくなり、回折光学素子8eの作製も容易になる。

【0069】[第7の実施の形態] 次に、本発明の第7の実施の形態の光学ヘッドについて、図9を用いて、上記第6の実施の形態の光学ヘッドと異なる点を中心に説明する。図9は本発明の第7の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0070】図9に示すように、本実施の形態において、対物レンズは、第1のレンズ16aと第2のレンズ16bとからなり（2枚構成）、例えば、開口数NAが0.85の集光レンズを形成する。対物レンズの開口数NAが0.65以上になると、上記第6の実施の形態のような1枚構成よりも、本実施の形態のように対物レンズを2枚以上のレンズで構成する方が、レンズ間の調整は必要となるが、画角やチルト等の誤差に対して強くなる。

【0071】本実施の形態の光学ヘッドにおいては、対物レンズ16bから第1の情報記録媒体17aまでのワーキングディスタンスWD1よりも、対物レンズ16bから第2の情報記録媒体17bまでのワーキングディスタンスWD2の方が大きい。対物レンズを2枚構成にすると、WD1が、例えば、0.15mmと小さくなりがちであるが、DVDである第2の情報記録媒体17bに対して、例えば、WD2を0.3mmにすることにより、反りのあるDVDの対物レンズ16bとの衝突を低減することができる。

【0072】[第8の実施の形態] 次に、本発明の第8の実施の形態の光学ヘッドについて、図10を用いて、上記第7の実施の形態の光学ヘッドと異なる点を中心に説明する。図10は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0073】本実施の形態の光学ヘッドは、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3を出射する第1の光源9aと、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7\mu\text{m}$ を満たす第2の波長 λ_2 の光4を出射する第2の光源9bと、第1の透明保護層を有する第1の情報記録媒体17aもしくは上記第1の透明保護層よりも厚い第2の透明保護層を有する第2の情報記録媒体17bに、第1の波長 λ_1 の光13（平行光）と第2の波長 λ_2 の光14（平行光）をそれぞれ集光する、第1のレンズ16aと第2のレンズ16bとからなる対物レンズと、第1及び第2の情報記録媒体17a、17bからの光を検出する光検出器（図示せず）と、第1のレンズ16aと第2のレンズ16bとの間の光路中に配置された、上記第5の実施の形態に記載されたような形状の回折光学素子8fのグレーティング部2fとを具備している。

【0074】第1のレンズ16aから出射された第1の波長 λ_1 の光13が回折光学素子8fに入射すると、回折光学素子8fは、実質上0次の回折光6を出射する。そして、回折光学素子8fから出射された0次の回折光6は、第2のレンズ16bによって第1の情報記録媒体17aに集光される。また、第1のレンズ16aから出射された第2の波長 λ_2 の光14が回折光学素子8fに入射すると、回折光学素子8fは、実質上1次の回折光7を出射する。そして、回折光学素子8fから出射された1次の回折光7は、第2のレンズ16bによって第2の情報記録媒体17bに集光される。

【0075】尚、本実施の形態においては、第1の波長 λ_1 の光13及び第2の波長 λ_2 の光14が回折光学素子8fの裏面から入射するようにされているが、回折光学素子8fの表面から入射するようにしてもよい。

【0076】また、本実施の形態においては、回折光学素子8fのグレーティング部2fが、第1のレンズ16aと第2のレンズ16bのうち光源9に近い方の第1のレンズ16aの上に形成され、基板は省かれている。このような構成とすることにより、部品数を減らすことができ、構造も安定化する。尚、回折光学素子8fのグレーティング部2fは、第1のレンズ16aの、立ち上げミラー12に面する側の曲率の大きい面上に形成してもよいし、第2のレンズ16bの、情報記録媒体17に面する側の面上や、又は第2のレンズ16bの、第1の

【0077】〔第9の実施の形態〕次に、本発明の第9の実施の形態の光学ヘッドについて、図11を用いて、上記第6の実施の形態と異なる点を中心に説明する。図11は本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0078】本実施の形態の光学ヘッドは、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.45\mu\text{m}$ を満たす第1の波長 λ_1 の光3を出射する第1の光源9aと、 $0.6\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.7$

μm を満たす第2の波長 λ_2 の光4を出射する第2の光源9bと、第1の情報記録媒体17aもしくは第2の情報記録媒体17bに、第1の波長 λ_1 の光13（平行光）と第2の波長 λ_2 の光14（平行光）をそれぞれ集光する対物レンズ16と、第1及び第2の情報記録媒体17a、17bからの光を検出する光検出器（図示せず）と、光源9と対物レンズ16との間の両波長の光の共通光路に配置された、上記第1の実施の形態の回折光学素子8aとを具備している。

【0079】回折光学素子8aは、その表面（グレーティング部2aが形成された面）から第1の波長 λ_1 の光3が入射した場合には、実質上0次の回折光13を出射する。そして、この0次の回折光13は、対物レンズ16によって第1の情報記録媒体17aに集光される。また、回折光学素子8aは、その表面から第2の波長 λ_2 の光4が入射した場合には、実質上1次の回折光14を出射する。そして、この1次の回折光14は、第1の波長 λ_1 の光13と実質的に光軸を同じにされた後、対物レンズ16によって第2の情報記録媒体17bに集光される。

【0080】本実施の形態の光学ヘッドにおいては、第1の光源9aと第2の光源9bが光源・光検出器ユニット10に内蔵され、回折光学素子8aを用いて、第1の波長 λ_1 の光3と第2の波長 λ_2 の光4の光軸を一致させるようにされている。このような構成とすることにより、部品数を減らすことができ、構造も安定化する。

【0081】また、本実施の形態の光学ヘッドにおいては、さらに回折光学素子8eが対物レンズ16と立ち上げミラー12との間に配置されているが、この回折光学素子8eは必ずしも必須ではなく、別の手段であってもよい。

【0082】以上、第1～第9の実施の形態において、回折光学素子及び光学ヘッドについて説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、それぞれの実施の形態の回折光学素子や光学ヘッドの構成を組み合わせた回折光学素子や光学ヘッドも本発明に含まれ、同様の効果を奏することができる。

【0083】尚、上記実施の形態で用いた対物レンズとコリメータレンズは、便宜上名付けたものであり、一般にいうレンズと同じである。

【0084】また、上記第6～第9の実施の形態においては、光ディスクを例に挙げて説明したが、同様の情報記録再生装置で厚みや記録密度など複数の仕様の異なる媒体を再生することができるように設計されたカード状、ドラム状、テープ状の製品に応用することも本発明の範囲に含まれる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、 $0.35\mu\text{m} \sim 0.45\mu\text{m}$ の波長の光が入射した場合に実質的に0次の回折光を出射し、 $0.6\mu\text{m} \sim 0.7$

μm の波長の光が入射した場合に実質的に1次の回折光を出射する回折光学素子と、それを用いた高密度光ディスクとDVDの互換の光学ヘッドを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1Aは本発明の第1の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図1Bは図1AのA-A'断面図である。

【図2】図2Aは本発明の第2の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図2Bは図2AのB-B'断面図

【図3】本発明の第2の実施の形態の回折光学素子（4レベルの場合）における、第1の波長 λ_1 の光に対する規格化周期 Λ/λ_1 と0次回折効率との関係を示すグラフ

【図4】本発明の第2の実施の形態の回折光学素子（4レベルの場合）における、第2の波長 λ_2 の光に対する規格化周期 Λ/λ_2 と1次回折効率との関係を示すグラフ

【図5】図5Aは本発明の第3の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図5Bは図5AのC-C'断面図

【図6】図6Aは本発明の第4の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図6Bは図6AのD-D'断面図

【図7】図7Aは本発明の第5の実施の形態における回折光学素子を示す平面図、図7Bは図7AのE-E'断面図

* 【図8】本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図9】本発明の第7の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

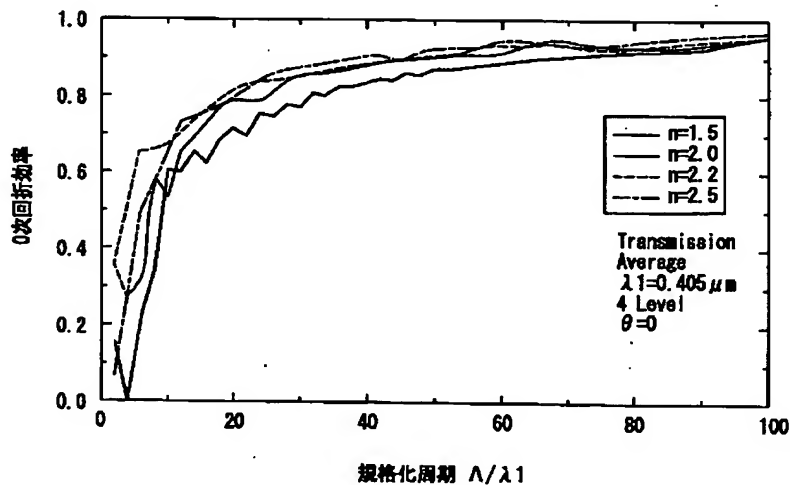
【図10】本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図11】本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

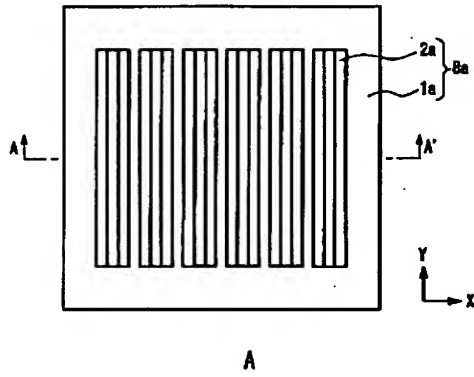
【符号の説明】

- 1a~1e 基板
- 2a~2f グレーティング部
- 3 第1の波長 λ_1 の光
- 4 第2の波長 λ_2 の光
- 5 第3の波長 λ_3 の光
- 6 第1の波長 λ_1 の光の0次回折光
- 7 第2の波長 λ_2 の光の1次回折光
- 8a~8f 回折光学素子
- 9a、9b 光源
- 10 光源・光検出器ユニット
- 11 フォーカス/トラック誤差信号検出素子
- 12 立ち上げミラー
- 13 第1の波長 λ_1 の光（平行光）
- 14 第2の波長 λ_2 の光（平行光）
- 15 コリメータレンズ
- 16、16a、16b 対物レンズ
- 17a、17b 情報記録媒体
- 18 ビームスプリッタ
- * 19 第3の波長 λ_3 の光の0次回折光

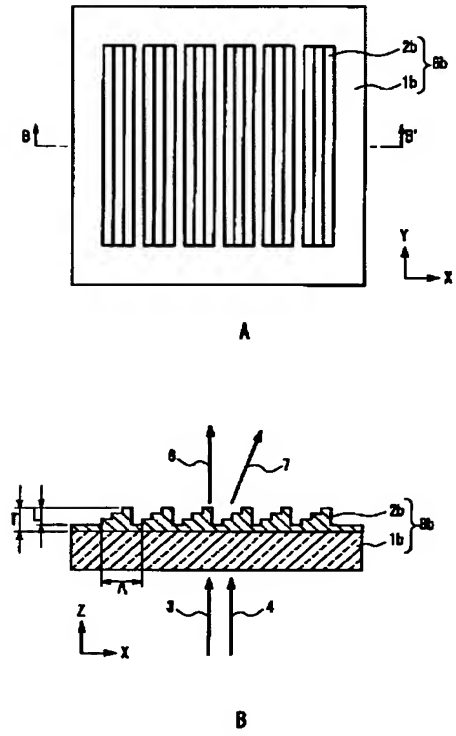
【図3】



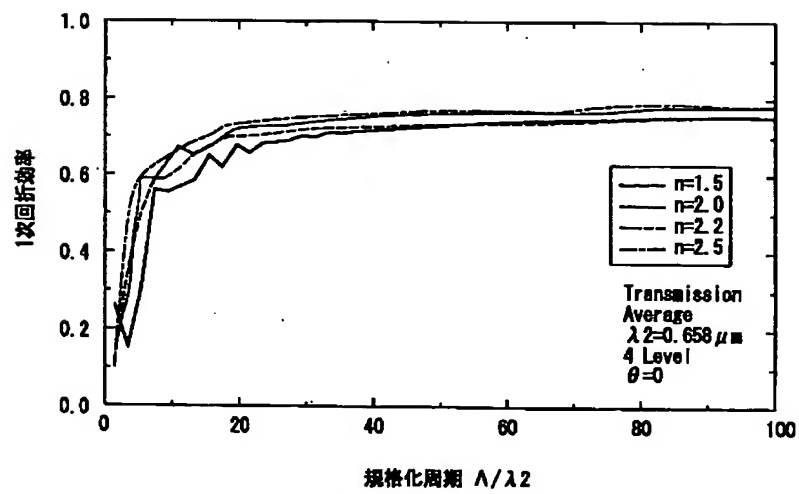
【図1】



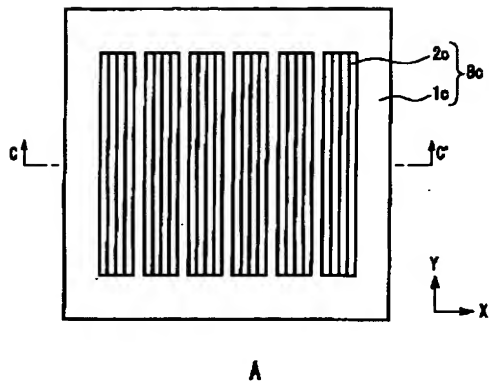
【図2】



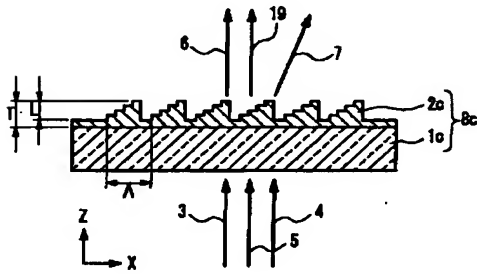
【図4】



【図5】

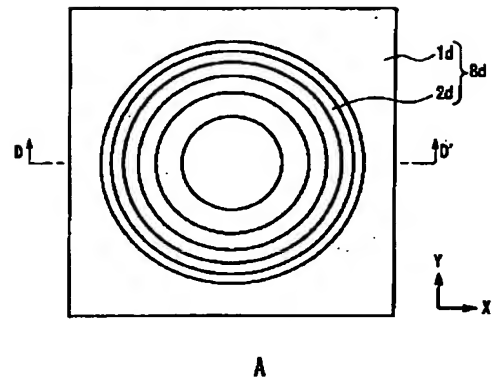


A

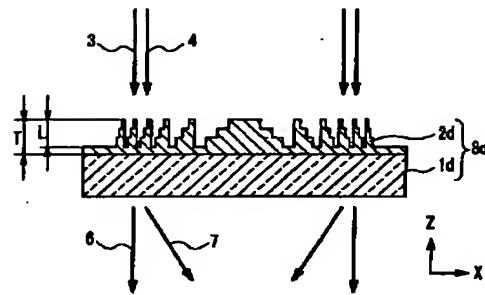


B

【図6】

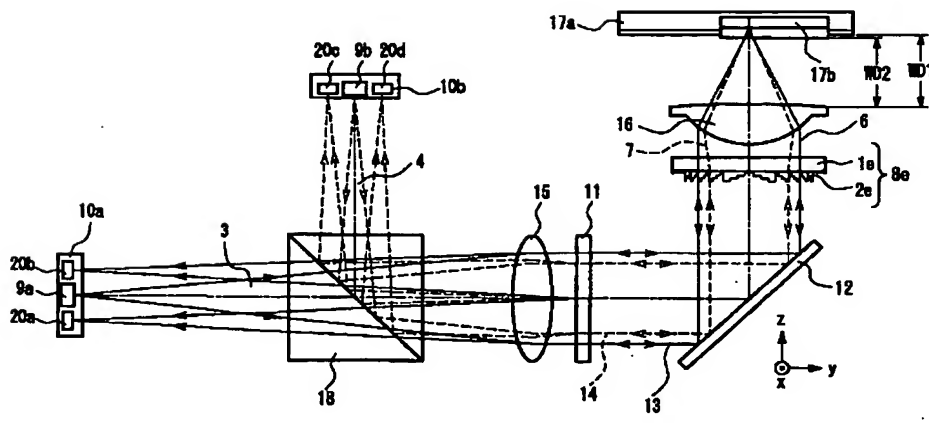


A

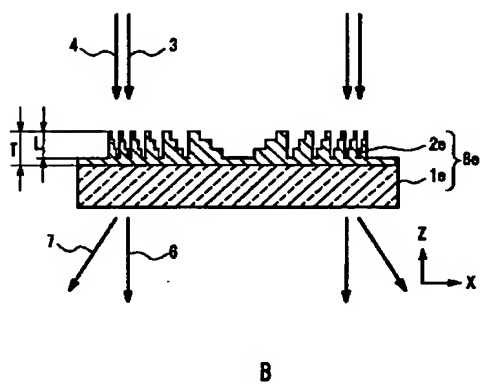
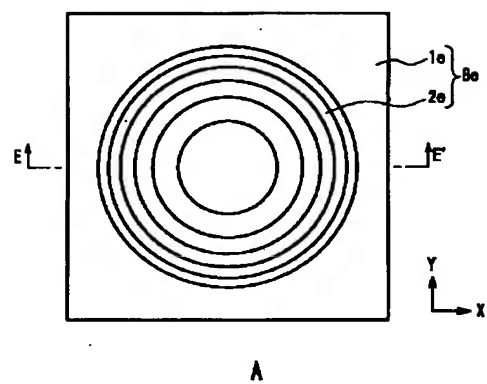


B

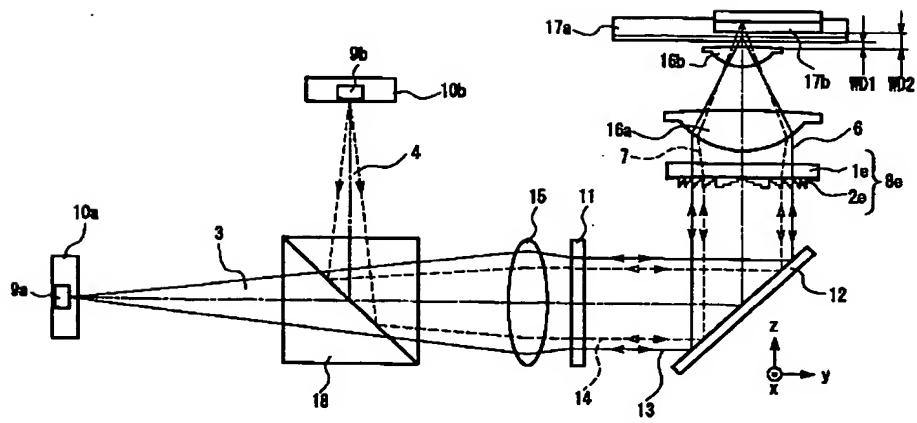
【図8】



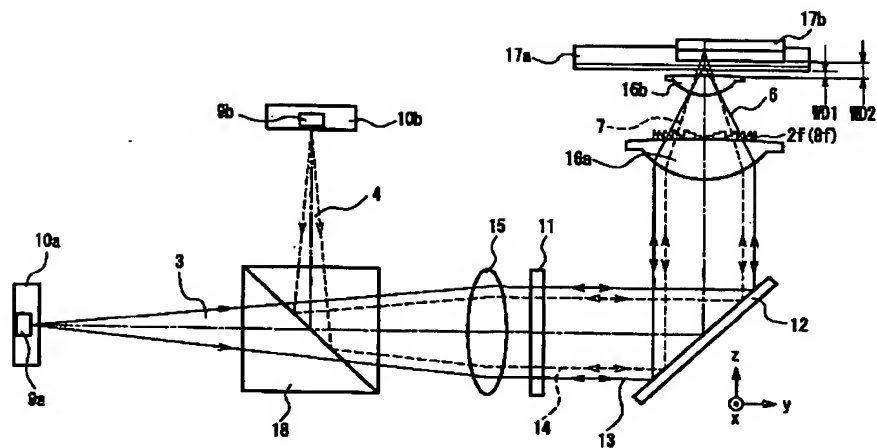
【図7】



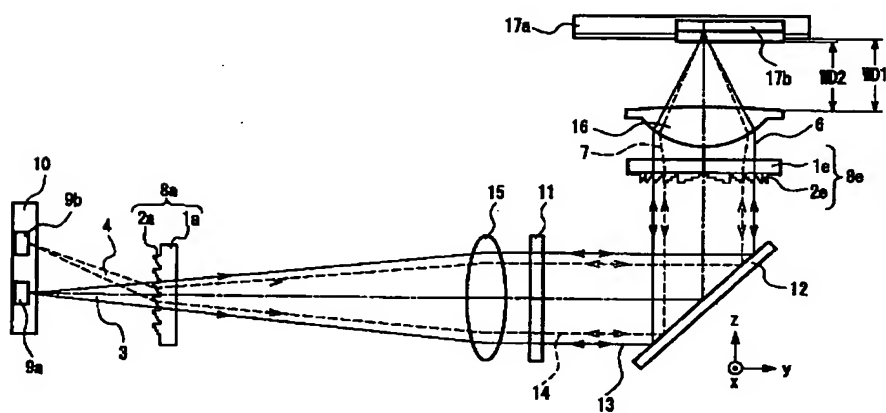
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 西野 清治
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA04 AA33 AA37 AA44
AA50 AA53 AA57
2H087 KA13 LA01 PA01 PA02 PA17
PB01 PB02 RA46
5D119 AA05 AA41 AA43 BA01 BA02
BA03 BA04 EA02 EA03 EC01
EC45 EC47 FA05 FA08 FA28
JA02 JA09 JA24 JA26 JA27
JA44 JA57 JB02 JB03 KA04